étude structurale d'une régénération naturelle en forêt

BACHACOU Jean, BOUCHON Jean,
MARBEAU Jean Pierre

Institut National de la Recherche Agronomique, Centre National de Recherches Forestières, 54280 SEICHAMPS

RESUME

Ce document présente des techniques d'analyse structurale d'une régénération naturelle basée sur la méthode des variables régionalisées ; les unes permettent une analyse par une simplification progressive de la carte ; les autres donnent de simples indices caractérisant la forme des taches de régénération.

ABSTRACT

This paper presents technics based on the method of regionalized variables ; these technics are used to analize a natural regeneration of beech ; some of them simplify the initial map gradually towards images easier to analize ; the others are indexes characterizing the spatial distribution of the regeneration.

1. INTRODUCTION

Pour des raisons sylvicoles et économiques, les peuplements forestiers sont souvent régénérés naturellement. Mais, si la présence d'arbres portant des semences est indispensable pour obtenir des semis, leur maintien comme couvert protecteur peut également avoir des effets défavorables du fait qu'ils interceptent la lumière et les précipitations dont les jeunes plants auraient besoin ; d'autre part, la présence de semenciers n'est pas suffisante : la nature du sol et l'état de la végétation herbacée ont une grande influence sur les possibilités d'installation d'un semis. L'étude des mécanismes de la régénération est donc nécessaire ; nous présentons ici une analyse descriptive de la distribution spatiale de taches de régénération : le seul pourcentage de surface régénérée, 30 % par exemple, n'est pas suffisant pour le forestier; encore faut-il savoir si ces 30 % sont concentrés ou répartis sur le terrain, car dans le premier cas, il faudra compléter par des plantations artificielles, alors que dans le second cas, les arbres en grandissant pourront occuper tout l'espace.

On présente ici des méthodes d'analyse structurale pour une image seule, puis pour 2 images superposées, afin d'étudier la "corrégionalisation" entre deux peuplements d'arbres d'âges différents, mais ayant poussé au même endroit.

2. PEUPLEMENT ETUDIE

Le peuplement étudié est décrit dans Bouchon (1973) : il s'agit d'une réserve biologique intégrale, dite La Tillaie, en forêt domaniale de Fontainebleau, en parcelles 270 et 271 ; ce peuplement est situé sur un plateau entre 133 et 139 m d'altitude. La température moyenne annuelle est de 8,85°C et la pluviosité de 696 mm. Le substrat est formé en surface par le "limon des plateaux" reposant sur le calcaire de Beauce en majorité, et en

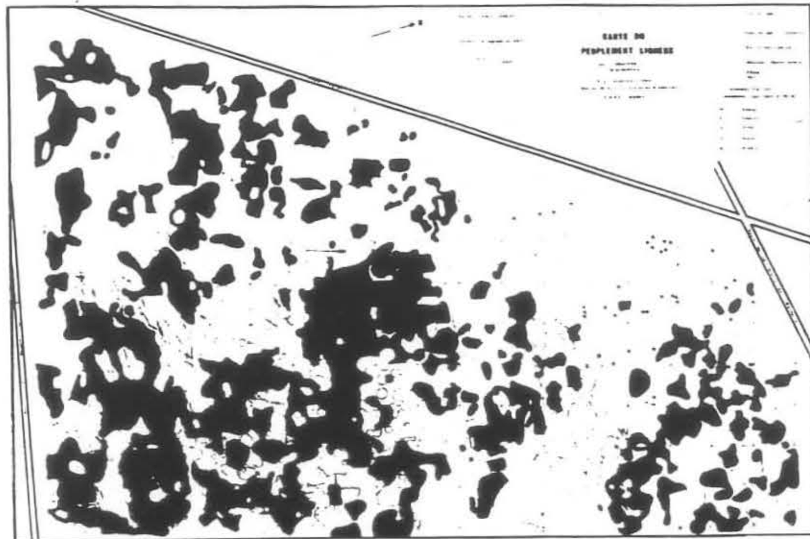


Fig. 1 : Forêt Domaniale de Fontainebleau : Peuplement de LA TILLAIE
Carte de la régénération (Fourrés, Gaulis, fermés.)

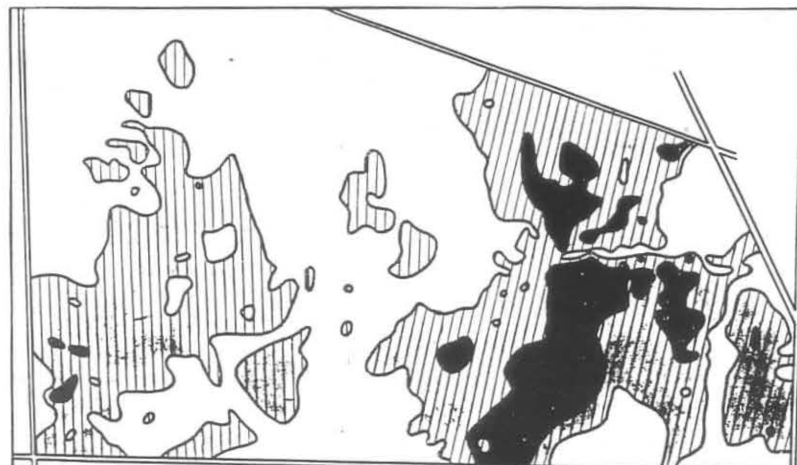


Fig. 2 : Carte des sols: en noir : Podzols et sols podzoliques
en gris : sols néopodzoliques.

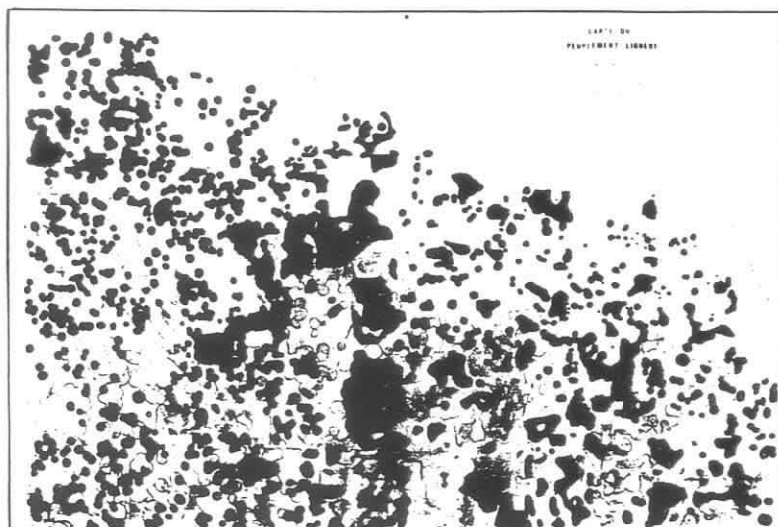


Fig. 3 : Forêt Domaniale de Fontainebleau , Peuplement de LA TILLAIE
Carte des Bas et Hauts Perchis

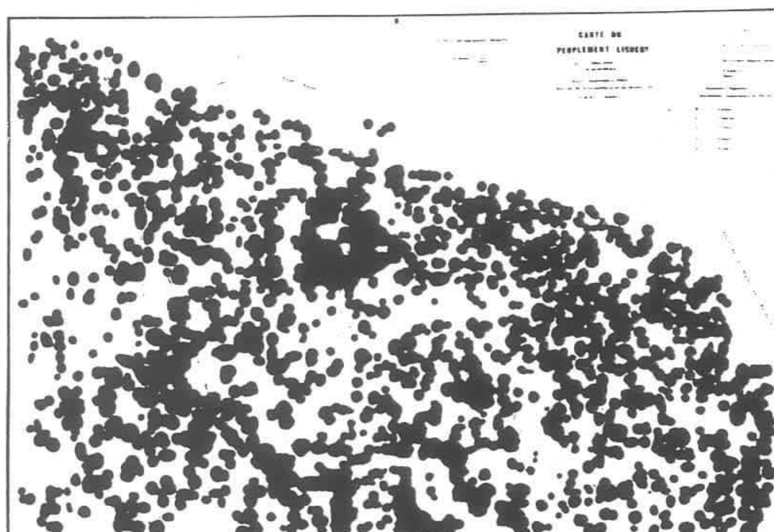


Fig. 4 : Carte de la Moyenne et Haute Futaie.

partie au nord-ouest sur le grès et les sables de Fontainebleau. Le peuplement forestier est presque exclusivement constitué par une hêtraie contenant quelques vieux chênes disséminés qui ne se régènèrent pas ; les taches de régénération sont donc uniquement constituées de jeunes hêtres : voir les figures 1 à 4 pour les cartes de la régénération, des sols, des bas et hauts perchis et de la moyenne et haute futaie.

3. ASPECT THEORIQUE

Nous nous appuierons sur les orientations théoriques mises en oeuvre au Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau, où ont été réalisés les principaux traitements.

Les données se présentent sous la forme de cartes réalisant chacune une partition de l'espace en noir et blanc : par ex. strate noire où l'on a de la régénération, blanche où l'on n'en rencontre pas.

L'examen visuel procure un grand nombre d'impressions, dont il est difficile de faire une synthèse objective. Nous ne pouvons ainsi interpréter les cartes contenant pourtant l'information exhaustive. Pour comprendre la répartition spatiale, faire des comparaisons etc..., il nous faut résumer en termes clairs ce qui est essentiel au problème posé, ou transformer l'image en la regardant à travers un filtre déterminé.

Le mécanisme d'analyse de la structure sera de balayer systématiquement l'image par un élément structurant dont la forme géométrique peut être variée. Au niveau microscopique, l'implantation de cet élément en un point sera une question posée sur les relations entre points à cette échelle, dont la réponse sera oui ou non; si l'élément est un simple point, la question sera de l'appartenance ou non à la strate S considérée. Au terme du balayage, le bilan de ces réponses sera une caractéristique macroscopique objective de la structure : par exemple, la surface des

taches si l'élément structurant est un point. La référence probabiliste sera souvent commode (bien que non indispensable) pour faire ce passage du micro au macroscopique : la surface de la strate sera aussi bien une probabilité pour un point d'appartenir à une tache. La réalisation pratique est obtenue sur un "analyseur de texture", appareil qui effectue à la fois le balayage au moyen d'une caméra T.V. et les calculs correspondants.

Le choix de l'élément structurant peut apparaître ici comme arbitraire (autant que l'usage par certaines disciplines d'une multitude d'indices : de forme par ex.). En effet, à chacune de ses définitions géométriques, correspond une question particulière, et par suite une réponse aussi précise que limitée.

En fait, certaines applications portent sur des paramètres bien particuliers (ex. la surface spécifique d'un grain, le volume érodé, etc... lors de réactions chimiques) connus a priori. Dans certains cas, l'hypothèse d'une loi de formation des taches permettra de condenser l'information et de déduire par la théorie toutes les caractéristiques de structure possibles.

Quelques exemples d'éléments structurants utilisés ici :

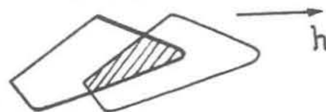
- un couple de points séparés de $\vec{h}$



La question est : appartenance des 2 points à une même strate?

Il en résulte le "covariogramme géométrique" K (h, α) pour la distance h et la direction α : $K(h, \alpha) = \int_S k(u).\ k(u+h)\ du$. k(u) étant la fonction indicatrice de la strate S, prenant la valeur 1 dans S, 0 en dehors.

K (h, α) représente la surface de l'intersection entre S et son translaté par h.



Son évolution reflète un aspect de la structure de S ; en particulier sa dérivée à l'origine donne la"variation diamétrale" (diamètre apparent des taches convexes).

Quant à sa dépendance de α, elle recouvre l'anisotropie du phénomène.

Cette fonction a aussi une interprétation probabiliste : K (h, α) est la probabilité pour que les points x et (x + h) dans la direction α appartiennent tous deux à S. Dans la mesure où cette probabilité ne dépend pas du point x, on peut assimiler K(h, α) à une covariance.

- Un segment de longueur l et de direction α nous permet d'obtenir la "granulométrie" P (l, α) qui est la probabilité pour qu'un tel segment soit contenu dans la strate, et d'où l'on déduit le "périmètre spécifique" des taches (soit π . P'(0)).

- Un cercle.

Centrons au point x un cercle de rayon R et effectuons le balayage de l'image. Définissons alors les mécanismes d'érosion et de dilatation :

. l'image érodée est le lieu des points x tels que le cercle appartienne à la strate S.

. inversement, la dilatée s'obtient comme lieu des points tels que le cercle ait une intersection non nulle avec S.

La succession de ces opérations va permettre une transformation de l'image correspondant par exemple à un certain processus de régénération du peuplement. Ainsi :

x la fermeture est la succession d'une dilatation et d'une érosion de même amplitude R. Elle a pour effet essentiel d'éliminer de la strate observée tous les vides qui ne contiennent pas un cercle de rayon R.

x l'ouverture, opération inverse de la précédente, élimine les îlots de la strate ne contenant pas un tel cercle.

Vis-à-vis du problème posé, on rend ainsi la carte lisible, tout en conservant la possibilité de revenir aux données sur le terrain.

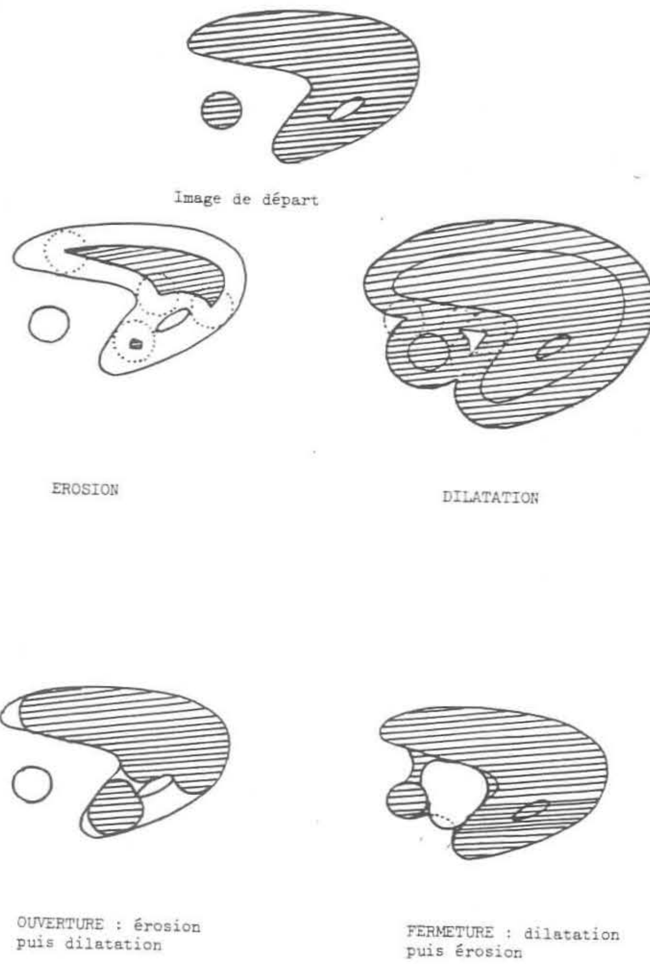

Image de départ
EROSION
DILATATION
OUVERTURE : érosion puis dilatation
FERMETURE : dilatation puis érosion

Fig 5

4. PARAMETRES DE FORME MESURES SUR LA CARTE DES TACHES DE REGENERATION.

Ces paramètres ont été mesurés à l'aide d'un ensemble de cheminements parallèles, distants de 40 m, simulés sur la carte.

Surface totale de la régénération par comptage de points : 28,28 % avec un coefficient de variation de 5,048 %, soit une fourchette de 25,5 à 31,1 %.

Surface totale de la régénération par transects dans 2 directions perpendiculaires : 30,2 et 31,3 %.

Traversée moyenne des taches : par transects dans 2 directions perpendiculaires : 17,6 et 18,4 m.

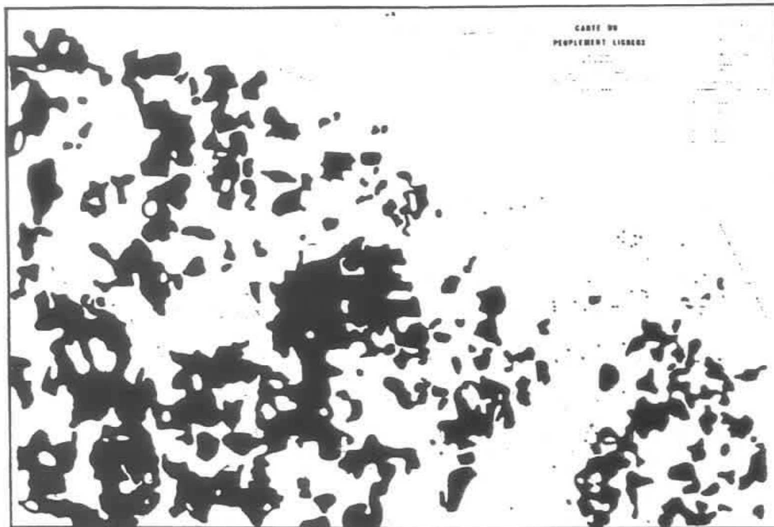
Périmètre spécifique : 0.0537 m^{-1} ; ceci signifie qu'en moyenne dans un hectare de peuplement, on a 537 m de longueur de contact entre la zone régénérée et la zone non régénérée.

Ces indices classiques de forme peuvent être obtenus par des cheminements rectilignes, et la constatations que tels points appartiennent à telles strates simultanément, ou indépendamment. On voit que, toutes considérations technologiques mises à part, une telle prospection des images peut être faite à l'aide d'un analyseur de texture.

5. APPLICATION A L'ETUDE DE LA STRUCTURE DE LA REGENERATION.

Sur la carte de la régénération du peuplement étudié, on a fait successivement des fermetures et des ouvertures. Les figures 6 et 7 montrent les diverses images obtenues. On obtient ainsi, sans aucune hypothèse de départ sur la structure spatiale des taches, les renseignements suivants :

- pour les fermetures, on a successivement en observant la strate blanche, la localisation des trouées dans la régénération, de diamètres plus grands que 2,4 m/4,8 m/7,2 m/.../38,4 m. On voit ainsi que mise à part la trouée en forme de botte qui se trouve dans le troisième quart en partant de la gauche, aucune trouée



Forêt Domaniale de Fontainebleau: Peuplement de la TILLAIE
Carte de la régénération



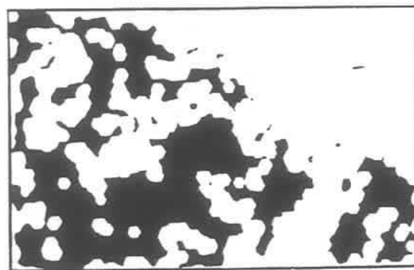
FERMETURE = 2,4 m



F = 4,8

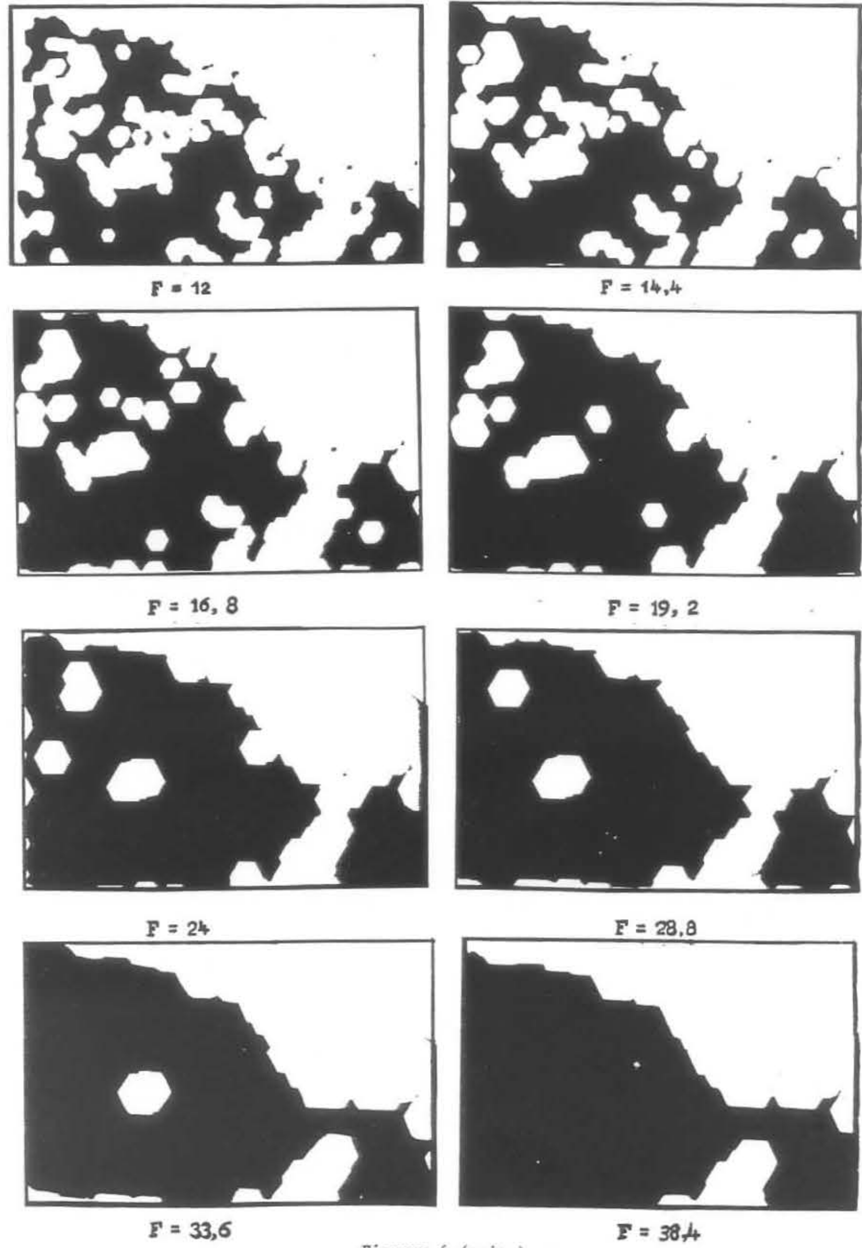


F = 7,2

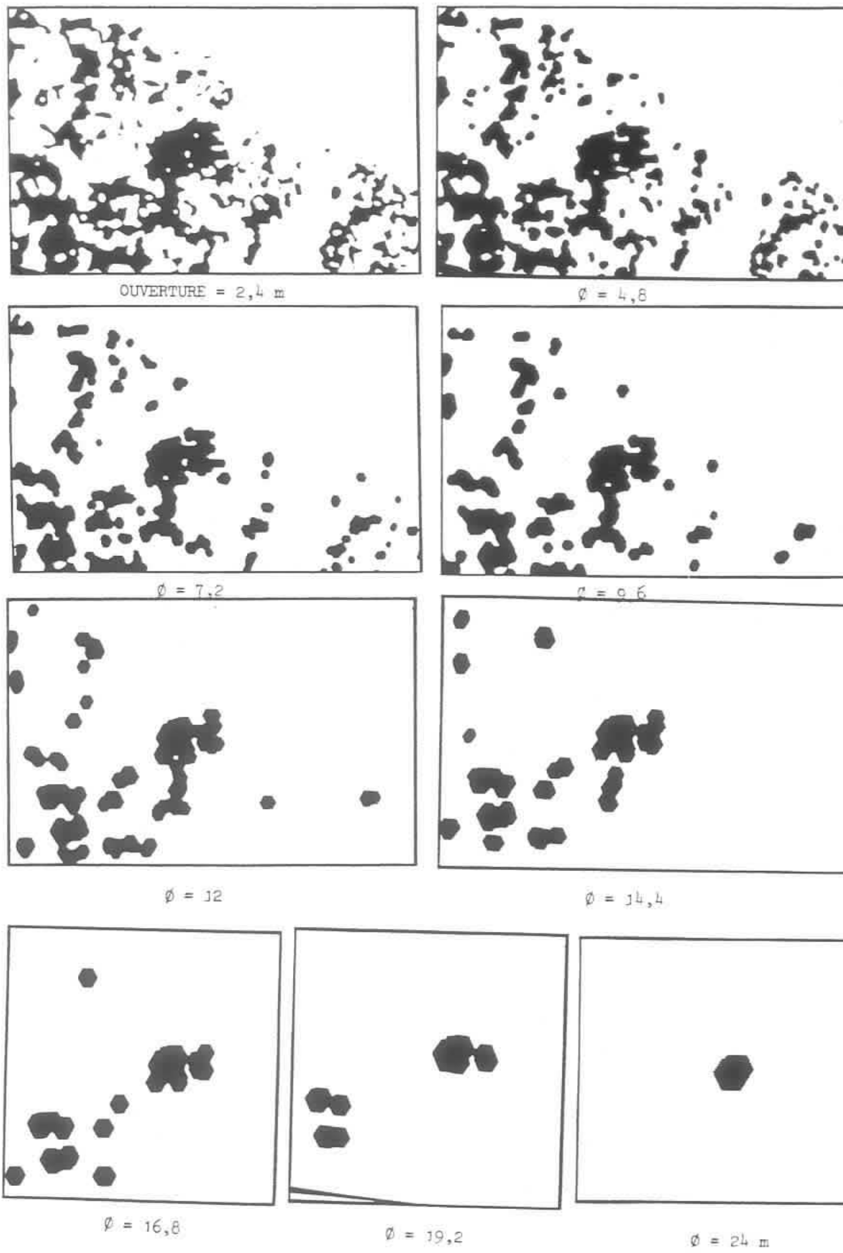


F = 9,6

Figures 6



Figures 6 (suite)



Figures 7

n'a plus que 38,4 m de diamètre.

- pour les ouvertures, on a une idée de la granulométrie ; on peut compter successivement, en observant la strate noire, les taches de régénération ayant un diamètre supérieur à 2,4 m/4,8 m/ 7,2 m/.../24 m. On voit ainsi qu'une seule tache, située dans le deuxième quart en partant de la gauche, a plus de 24 m de diamètre.

Remarque : ces images ont été photographiées directement sur l'écran cathodique de l'analyseur de texture du centre de morphologie mathématique de Fontainebleau ; la technologie de cet appareil ne permet pas d'avoir des éléments structurants circulaires la forme utilisable la plus proche est un hexagone régulier, ce qui explique la forme des taches obtenues.

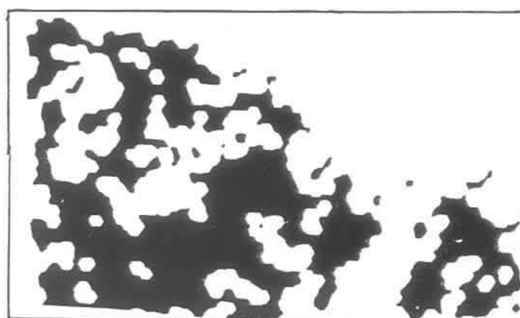
La figure 8 montre successivement une fermeture, puis une ouverture d'amplitude 10 m. Dans la mesure où l'on admet qu'au moment de la récolte, une hêtraie contient environ 100 tiges/ha, la distance de 10 m choisie permet au forestier d'avoir une idée exacte des zones où il doit travailler ; la fermeture permet en effet d'éliminer les vides de diamètres inférieurs à 10 m, dont on admettra qu'ils se refermeront sans intervention sylvicole ; l'ouverture permet inversement d'éliminer les îlots de régénération de diamètres inférieurs à 10 m qu'on estime trop isolés pour pouvoir constituer réellement un peuplement forestier.

6. APPLICATION A L'ETUDE D'UNE CO-STRUCTURE.

Les deux premières cartes (régénération et sol : fig. 1 et 2) montrent une relation évidente entre la présence des podzols et des sols podzoliques et l'absence de régénération. Devant la banalité du résultat qu'aurait donné l'étude simultanée de ces 2 cartes, l'étude de co-structure n'a pas été faite ici[1].

---

(1) *En réalité, la superposition avec la carte de la végétation qui n'a pas été reproduite ici était encore plus explicite : la régénération est absente des taches de fougère aigle.*



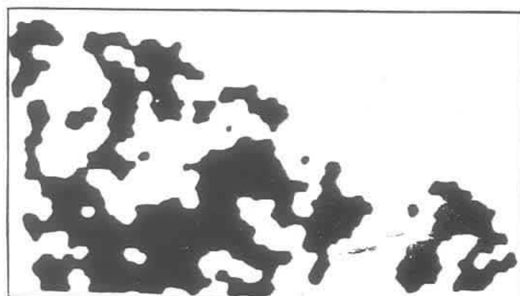


Fig 8

FERMETURE puis OUVERTURE d'amplitude 10 m permettant successivement d'éliminer les trouées dans la régénération inférieures à 10 m ,puis les taches de régénération de diamètres inférieurs à 10 m.

MARBEAU (1973) a voulu comparer les cartes des bas et hauts perchis d'une part et de la moyenne et haute futaie d'autre part. Pour cela, il a érodé puis dilaté les taches de futaie et calculé les teneurs en perchis dans les couronnes successives parallèles aux limites de la futaie. En appelant $\Delta - i$ les érosions et $\Delta + i$ les dilatations, les teneurs obtenues sont les pourcentages de perchis (par rapport à la superficie de chaque couronne). On obtient les résultats suivants :

	$\Delta - 4$	$\Delta - 3$	$\Delta - 2$	$\Delta - 1$	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4
P_i	30 %	32 %	25 %	25 %	26 %	22 %	25 %	12 %

La teneur moyenne du perchis sur l'ensemble de la parcelle est de 25 % ; bien que les résultats ci-dessus demanderaient à être confirmés, on peut conclure à une certaine indépendance entre la présence de la futaie et celle des perchis (l'érosion $\Delta - 4$ amenant presque au coeur des plus grosses taches de futaie) ; cette méthode conduirait à affiner le concept d'essence d'ombre/essence de lumière[(1)] ; une étude analogue serait intéressante dans un peuplement voisin où la proportion de chêne (essence de lumière) est importante ; la quasi-indifférence entre P_i et la distance à la lisière des futaie conduit à classer le hêtre parmi les essences d'ombre. La faible valeur de $P_4 = 12$ %, peut s'expliquer par le fait que les faînes étant des graines lourdes, en l'absence de semenciers, la présence de jeunes peuplements est impossible.

oOo

(1) *Chez les essences d'ombre, la régénération et la croissance à "l'ombre" du peuplement dominant sont possibles. Chez les essences de lumière, le maintien du couvert empêche l'installation de la régénération.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bouchon, J. - Faille, A. - Lemée, G. - Robin, A.M. - Schmitt., A - (1973). Cartes et notice des sols, du peuplement forestier et des groupements végétaux de la réserve biologique de la Tillaie en forêt de Fontainebleau. P.B.I. - R.C.P. 165 - C.N.R.S. - Orsay - 1973 - 12 pages - 3 cartes.

Matheron, G. (1970). La théorie des variables régionalisées et ses applications. Cahier du Centre de Morpho. Mat. de Fontainebleau. Fascicule 5, éd. E.N.S. des Mines de Paris, 1970, 212 pp.

Marbeau, J.P. (1973). Rapport de stage : une application de la morphologie mathématique : étude structurale d'un peuplement en régénération. I.N.R.A. Biométrie - Nancy - Document 73/3 - 47 p.

Serra, J. (1969). Introduction à la morphologie mathématique. Cahier du Centre de Morphologie Mathématique - Fontainebleau. Fascicule 3 - 160 p.
